

巨理俊次* : ドゼウインゲンの莢及び種子の發育

経過と澱粉粒の蓄積に就て**

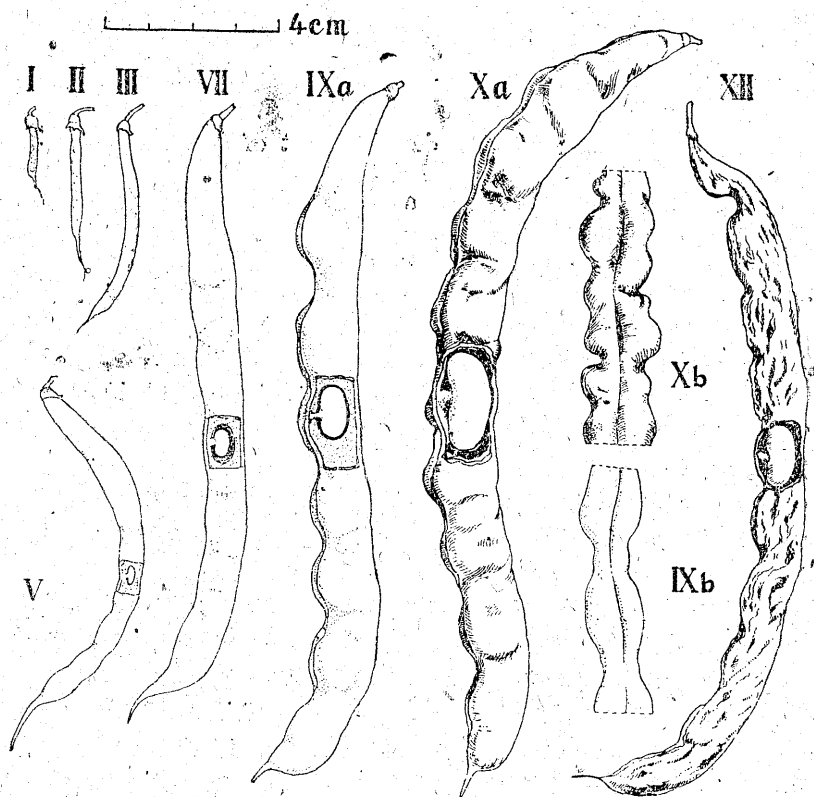
Shunji WATARI : On the development of pods and seeds
of *Phaseolus vulgaris*, and accumulation of starch grains.

(昭和 22 年 6 月受理)

インゲン *Phaseolus vulgaris* L. の一品種 Kentucky Wonder (ドゼウインゲン) の莢の發育の途中の外部的變化、これに伴ふ内部組織の變化、及び種子の發達と子葉中の澱粉粒の蓄積狀況を調査した際、はからずも莢中特に葉綠體中にも複合澱粉粒が形成せられ、莢全體として相當大量の澱粉が蓄積されることを觀察した。つぎに以上各項の觀察結果を述べる。

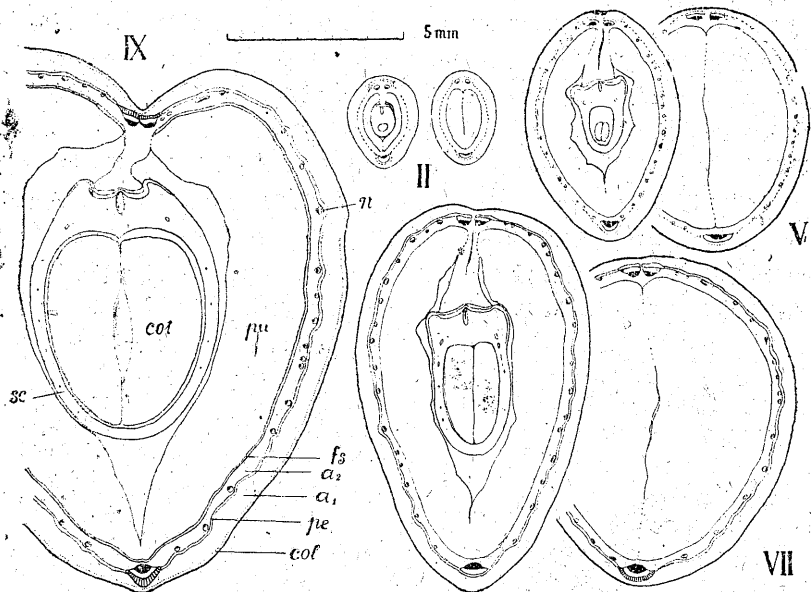
(1) 豆莢の發育と外部形態の變化 凋花直後から完熟して黃褐色となり乾固する迄を便宜上次の期 (I-XII) に區分した。I. 凋花後子房は直ちに成長を開始して、著しく萼筒から突出して来る。この時期では花柱殘存部はほぼ莢の脊線の上にある、子房の腹方先端の部が丸味を持ち、種子の位置が側方に膨れてゐるが兩者の幅はほぼ同じ (凋花 1 日後) (第 1 圖 I)。II. 莢全體としても太さ長さを増すが特に基部と第一種子間の部が著しく伸び、先端部脊方に丸味を持ち始め、花柱殘存部はほぼ背腹の中間を占める。種子部の膨みは未だ認められる。(第 1 圖 II, 第 2 圖 II)。III. 莢全體が漸次腹方に曲がる。種子間部が漸次膨大して種子部より厚さが大きくなる (一見この部に種子が含まれる様に見えるが、種子は却て窪んだ部に存する)。基部と第 1 種子の間は益々伸長し、先端背方の丸味が強くなり、花柱殘存部は却て腹線延長上にあるかの觀を呈する。IV. 基部と第一種子間の伸長が引續いて最も著しく、この部は幅も他に比して大きく、綠色がやゝ淺くなる。種子間部は厚さ、幅共に種子部よりも大きくなる。V. 基部の發達が著しく、長さはほぼ極限に達し種子間部の膨大と種子部の狹窄の對比が最大となる。(第 1 圖 V, 第 2 圖 V)。VI. 種子間部、種子部共に長さ直徑を増すが、種子部の成長が急速となり、幅は兩者ほぼ同様となる。厚さは未だ種子間部の方が大きい。VII. 種子部の發育は引續いて急速となり、幅は種子間部より大きくなり漸次腹方に張り出して来る。併し厚さはなほ種子間部の方が大きい (第 1 圖 VII, 第 2 圖 VII)。VIII. 種子部の腹方への張り出しがほぼ極限に達すると共に漸次厚さを増し、側方にも種子部の膨大が起り、種子間部の膨みとほぼ同様となる。この結果側面には種子部の膨みと種子間部の膨みが交互する様になる。この時期に於て莢の伸長と、幅の増大は極

* 東京大學理學部植物學教室 ** 資源科學研究所植物學部菜菔 No. 20



第1圖 發育各期に於ける莢の外部形態の變化を示す。II-XII は發育期區分の番號(本文參照)。

限に達する。IX. 種子部の膨大が顯著となり、腹面縫合線は窪み、溝を形成し切口は心臟形となる(第1圖 IX a, b, 第2圖 IX)。X. 種子部の膨大極限に達する。種子部、種子間部の膨出の外、莢外面に不規則な凹凸を生ずる、種子部、種子間部膨出の境は往々にして深い溝が出来る。腹方の溝も深さが著しくなる。莢全體として腹方に張り出した弓形となる傾向があるが先端部は腹側を内にして彎曲する。種子の大きさも極限に達する、純白色(第1圖 X a, b)。XI. 外形 X と同様、緑色が浅くなり、赤紫の斑點があらはれる。種子の大きさは X と同じであるが僅かに褐色を帯びる。XII. 莢は乾固して黄褐色となり、側方の腹方には多數の皺を生ずる。(背方には著しい皺がない)。莢は再び全體として腹側を内にして彎曲する。種子も乾固して褐色となる(第1圖 XII)。



第2圖 發育期 II, V, VII, IX に於ける種子部種子間部の切口を示す (IX は種子部のみ)。兩部の幅 (垂直方向) と厚さ (水平方向) の寸法割合が各期によつて變化してゐる。(sc 種皮, cot 子葉, col 厚角組織, a_1 外部同化組織, a_2 内部同化組織, pe 内鞘, n 網狀脈, fs 纖維狀厚膜組織, pu パルプ組織)。

この間に於ける莢の幅 (種子部と種子間部) の變化を第1表のA欄に示した (長さは種子數によつて著しい相違があるから採録しなかつた)。

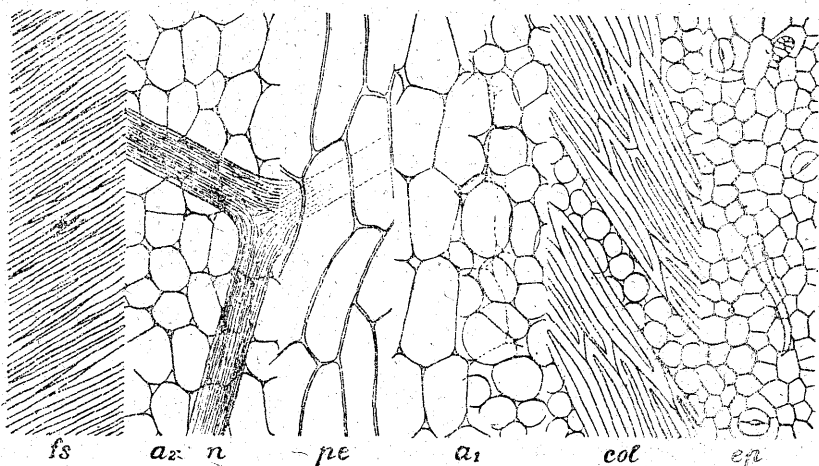
(2) 種子の發育 受精後種子の形成が活潑に行はれるが、子葉の成長が特に著しくなるのは V の時期でこのとき長さ×幅は平均 $4 \times 1.7\text{mm}$ である。莢の大きさが極限に達する X に於て平均 $23.5 \times 10\text{mm}$ に達して種子も極大となり、完熟に到れば乾固收縮して平均 $16.5 \times 7.5\text{mm}$ となる。即ち長さに於て 30%, 幅に於て 25% の收縮を見るわけである。(V から完熟 XII 迄の種子の大きさの變化は表の B 欄に示してある)。

莢の發育の全過程を通じて、莢の内室は常に種子を収めて尙は餘裕がある。即ち莢の種子部の膨大は常に種子の成長に先行することが知られる。

(3) 莢の發育に伴ふ組織の變化 莢を構成する組織は外方から 1. 外部表皮, 2. 厚角組織, 3. 外部同化組織, 4. 内鞘, 5. 内部同化組織, 6. 維管束, 7. 纖維狀厚膜組織, 8. パルプ組織 Pulp, 9. 内部表皮, の9つに大別する事が出来る。(第2圖 IX, 第3圖)。

1. 外部表皮, 略等徑の多角形の表面觀を示す。成熟に近い莢を外から見るとき、

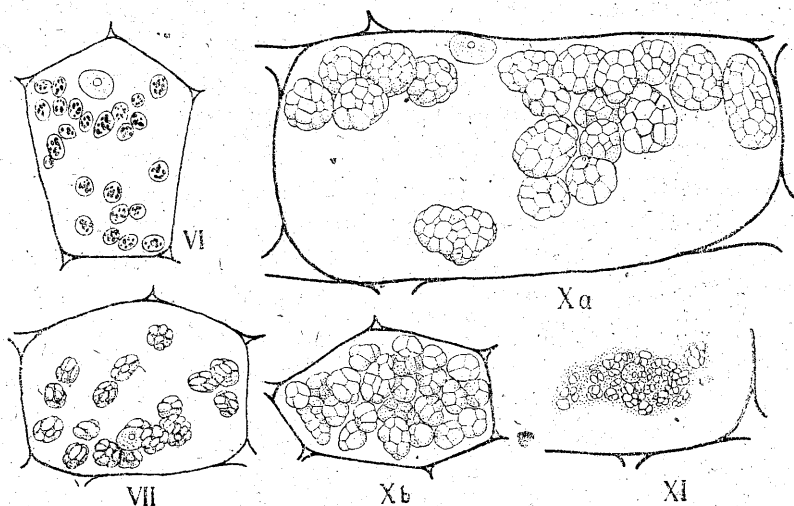
莢の脊方から莢の基部に向つて斜走する狭長な網目を見るが、この目にあたる部にのみ氣孔が分布する（直下に同化組織がある）。3種の毛を有する。一は1列 2~3 細胞からなり先端の細胞が狭長で末端が鉤曲するもの、他は先端のみ2列他は1列の多細胞からなる腺毛で莢の面に倒伏してゐる。腺毛より出す粘液によつて若い莢（III-VII）には粘感がある。發育の初期にはこれらの毛は密集してゐるが表皮細胞の成長と共に疎散する。表皮の外面にはクチクラを有し、鉤毛の基部から放射狀に微細な線狀の凹凸がある。クチクラ化はⅢに於て既に始まり、同時に條線も一部殊に脊部にあらはれ、V-VIに於て全面に亘る。莢の黃變し始めた時（XI）部分的にあらはれる赤斑は細胞液に溶けた赤色色素によるものである。2. 厚角組織。脊線より基部方向に約 60° をなして細長い網目狀に分布する組織で、脊部では 3（4）層、側面では 2, 3 層を示し、細胞角の肥厚



第3圖 右方から左に向つて順次莢の表皮から纖維狀厚膜組織に到る各組織を示す。符號は第2圖と同じ。（× 200）

は極めて初期 II-III に起るが、成熟に近い頃（VII-IX）内壁に沿ひ一様の肥厚を示す。起源を厚角細胞に有する厚膜組織とでも唱ふべき特殊なものと考えられる。完全に至る迄木化は起らない。3. 外部同化組織。厚角組織のない部では表皮の氣孔部に直接し、細胞はほぼ等徑又は軸に直角な方向にやや伸長し、内方に向つて漸大、8~9 層。4. 内鞘。外部同化組織と内部同化組織を距てる 1~2 層の軸に直角な方向に伸長し、膜壁僅かに肥厚、明かに葉綠體を缺く細胞層。背腹の維管束の内鞘の厚膜組織に連つてゐる。この組織の存在は II に於ても顯著である。5. 内部同化組織。6~7 層で細胞はほぼ等徑、外部同化組織に比して小形で、細胞間隙も小さい。内側の 2~3 層は特に小さい。6.

維管束、背中線を走る1條の中央維管束と、腹中線を挟む2條の側部維管束が顯著なものである。この間を連ねて細かい網脈があるが、其のやゝ大きいものは中央維管束から約 30° をなして先端方向に分岐する。中央維管束及び側部維管束の背後内鞘部には厚膜纖維が發達する。直徑 $10-30\mu$ 、膜厚 5μ に及ぶ。膜壁肥厚は莢の基部の長さが定まるに伴ひ (VI の項)、先づこの部に始り、後伸長を終ると共に全長に及ぶ (VIII)。膜壁の硬化は更に進んで X に到る。顯着な木化反應を呈する。中央維管束背後の中央部には一列の膜壁の肥厚しない部が残つて纖維群を兩分してゐる (莢の背線上の裂開はこの部に起る)。網脈には纖維束を伴はない。又導管も少數である。7. 纖維狀厚膜組織 内部同化組織に沿つて莢の側面一體に分布する細長い纖維狀の細胞層で、直徑 $10-30\mu$ 、



第4圖 VI, VII, X, XI, 各期の莢の葉綠體内の澱粉粒を示す (XI のみは内部同化組織、他はすべて外部同化組織の内側)。×400

5~6 層。背中線から約 30° をなして先端に向けて走る。従つて網脈の主な方向と大體一致し、厚角組織とは直交する。膜壁は發育の大部分を通じて薄い、莢の發育が極限に達し外面に不規則な凹凸を生じた後 (X の後期)、急に肥厚して木化する。8. パルプ組織、II の頃既に分裂を終り後著しく増大する等徑、薄膜の細胞からなる。種子部では 15~17 層、種子間部で 34~40 層、小細胞間隙を有する。肉眼的觀察では II-VI、迄は透明な水々しい感じを受けるが、VII にて白色半透明、IX にて白色不透明、X に到つて大きな破生間隙を生じ、著しく乾燥する。外方の大部分は纖維狀厚膜組織に密着し、内方の數層は内部表皮と共に被膜狀に種子を覆ふ。9. 内部表皮、外膜のみ僅かに肥厚する多角形の細胞からなる。

所謂莢インゲンとして食用に供する際、背腹線から“スズ”を取り去るのは、維管束とこれに附随する厚膜組織を除去することであり、採取適期を逸した莢が硬くて食用に不適となるのは、幾分は厚角組織の厚膜化があづかつてゐるが、其の主因は纖維狀厚膜組織の厚膜化と木化とにある。

(4) 莢に於ける澱粉粒形成と葉緑體 始めて莢に澱粉粒の存在するのを観察したのは發育途中にある VII, 又は VIII に相當するものであつた。J-JK 反應を行ふと同化組織の部分が著しく青紫色を呈する。そしてこれが葉緑体内に存する澱粉の反應であることを知つた。この事から端緒を得て發育の順を追つて観察を行つた。I-III の時期では葉緑體の大きさは不變で、I, II では分裂中又は分裂直後のものを見受けた。III に於て葉緑體の数が定まるものと思はれる。VI に於て葉緑體の直徑を増すと共に、J-JK によつて微細な澱粉粒の存在を明かに認めることが出来る(第4圖 VI)。この中の澱粉粒は数が多く、數箇乃至 10 數箇時に微細なもの數十に達することがある。形狀は球形乃至長楕球形、内部同化組織の葉緑體はやゝ小さく澱粉粒の數も少ない。

此の澱粉粒は急に成長して、VII に於ては互に押合つて接面を作り多面體の澱粉粒が集合して複合澱粉の形をとる(第4圖 VII)。各澱粉粒の外面のみは球面をなし、葉緑體の輪郭を變へる。この複合澱粉粒は漸次大形となり、X に到つて最大となり、時に 30μ (最大徑)に達するものさへある(第4圖 X a, b)。然し外部同化組織の外方では澱粉の蓄積が不充分なことが多い。

次に莢が外面的にやゝ黄味を示すに至り(XI)澱粉粒は俄に小形となる。この時原形質は細胞の一部に集合し、澱粉粒もこゝに集合する。莢が黄變すれば澱粉粒は全く失はれる。澱粉の消失は殆んど常に先づ外部同化組織に起り、次いで内部同化組織に及ぶがたゞ1例内部同化組織に全く認められなくなつて後、僅少ながら外部同化組織に残存するものがあつた。VII-X の時期に於ては J 反應によつて澱粉粒の存在は肉眼的にも明かである。第1表C欄に莢發育の各時期の葉緑體の直徑を示しあるが、VII 以下は澱粉粒が充滿するから同時にこの直徑を示してゐる。表には同時に之等の時期に於ける子葉の澱粉粒の直徑を示した。多くは單粒で、莢から澱粉粒が消失した後 XI に於て最大に達する。

澱粉粒は葉緑體のみならず、葉緑體を有しない内鞘にも、パルプ組織にも存在するが、之等は多くは單粒で、數も少く、量的には葉緑体内のものとは比較にならない程少量である。反應を行つても肉眼的には識別し得ない。

附記一葉緑体内に於ける澱粉の蓄積はシロインゲン(小種子蔓性、品種不詳)にも蔓無ウツラインゲンにも見られたが、複合澱粉粒は小型で、シロインゲン最大 18μ 、ウツラインゲン最大 10μ であつた。同現象は其後ナタマメ、ソラマメ及びビエンドウにも認められたが其の詳細は後報に譲る。

(5) 種子子葉に於ける澱粉粒の蓄積 子葉中の澱粉粒は多く單粒で、球形乃至長楕

第 1 表

莢の 發育期	A. 莢の幅(平均)		B. 種子(平均)		C. 複 合 澱 粉 粒		D. 子葉の 澱 粉 粒
	種子部	種 子 間 部	長 さ	幅	外部同化組織	内部同化組織	
	mm	mm	mm	mm	μ	μ	μ
I.							
II.	2.5	2.5			2~3.5	1.5~3	
III.	3.2	3.2			2~3.5	1.5~3	
IV.	4.5	5.2			3~7	2~4	
V.	5	6.5	4	1.7	3~7	2~4	
VI.	8	8	5.5	2.2	4~9	2~5	1.5~8
VII.	11	9.5	7	3.5	6~11	3~7	2~9
VIII.	14	11.5	11	6	6~12	4~9	2.5~20
IX.	16	12	13	7	6~13	5~10	4~23
X.	17	14	23.5	10	10~30	7~15	4~40
XI.	15	14	23	10	~7	~7	10~50
XII.	13	11	16.5	7.5	—	—	{ 乾燥15~45 浸水17~48

球形で、第1表 D 欄に示す通り、VI に於て長徑 1.5-8 μ 、後漸次成長して葉緑體内の複合澱粉粒が消失し始めて後最大となり 10-50 μ に達する(XI)。完熟乾固した後(XII)、乾燥状態で 15.5-44.9 μ 、水浸後 Glycerin-alcohol 中での計測で 17.2-48.3 μ を示した。

初め、この葉緑體内の澱粉粒を通常の意味の同化澱粉であると考へ、早曉、正午、夕刻、に分ち、又早朝錫紙を莢に覆つて日照を遮り 24 時間、48 時間に就いて觀察したが、孰れも澱粉粒の大きさに認めべき差異を示さず其の發育期特有の形態を示した。この様なことから少くとも日々日照によりて生長し夜間消失するものでないことは明かであると思ふ。従つて葉緑體内に貯藏澱粉を生ずるものと考えられ、又恐らくはこの澱粉粒は莢の葉緑體の同化作用によつてのみ作られたものではなくて莖や葉の同化作用によつて生じたものが莢の葉緑體に移行して貯藏せられ、莢の葉緑體を一時的の貯藏所として漸次子葉の澱粉形成に用ひられ、莢の黄變するに及んで全量が子葉中に移行を完了するものと考えられる。

この様な澱粉粒の行動に就いては將來専門家による精密な生理學的實驗からの解決を望むものである。又澱粉形成の初めが葉緑體構造の如何なる部に出来るかに就いて細胞學の立場からの解決が望まれる。

附記：一本報は日本學術振興會第 74 小委員會の委員として扱つた研究の一部で同委員會の研究報告(昭和 22)に要旨を發表し又、之より前、昭和 21 年 10 月 26 日日本植物學會例會に於て詳細を發表した。